

PAT-NO: JP411251252A  
DOCUMENT- JP 11251252 A /  
IDENTIFIER:  
TITLE: MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR AND METHOD AND  
DEVICE FOR PLASMA PROCESSING

PUBN-DATE: September 17, 1999

**INVENTOR-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
NAKADA, TOSHIHIKO	N/A
NINOMIYA, TAKANORI	N/A
UTO, YUKIO	N/A
NAKANO, HIROYUKI	N/A

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
HITACHI LTD	N/A

APPL-NO: JP10052088

APPL-DATE: March 4, 1998

INT-CL H01L021/205 , G01N021/85 , H01L021/3065 ,  
(IPC): H01L021/31

**ABSTRACT:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and device for plasma processing which enables real-time monitoring of the contamination state inside a plasma processing chamber.

SOLUTION: In a method and device for plasma processing in which plasma is generated inside a processing chamber so as to process a processing object by the plasma, a particle floating in or near the plasma generated inside the processing chamber is measured by the use of a plasma floating particle measuring device, which includes an irradiation optical system 101 for irradiating the inside of the processing chamber with a light having a desired wavelength and modulated in intensity by a desired frequency, a scattered light detecting optical system 102 for splitting a scattered light obtained from inside the processing chamber by the desired wavelength component, then receiving the split light and converting the light to a signal, and particle signal extraction means 103 for extracting the intensity-modulated desired frequency component from the signal obtained from the scattered light detecting optical system 102, thereby splitting and detecting a signal indicating the particle floating in or near the plasma from the signal due to the plasma.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-251252

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月17日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 21/205

H 0 1 L 21/205

G 0 1 N 21/85

G 0 1 N 21/85

Z

H 0 1 L 21/3065

H 0 1 L 21/31

C

21/31

21/302

E

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願平10-52088

(22) 出願日 平成10年(1998) 3月4日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 中田 俊彦

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式  
会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 二宮 隆典

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式  
会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 宇都 幸雄

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式  
会社日立製作所生産技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 高橋 明夫 (外1名)

最終頁に続く

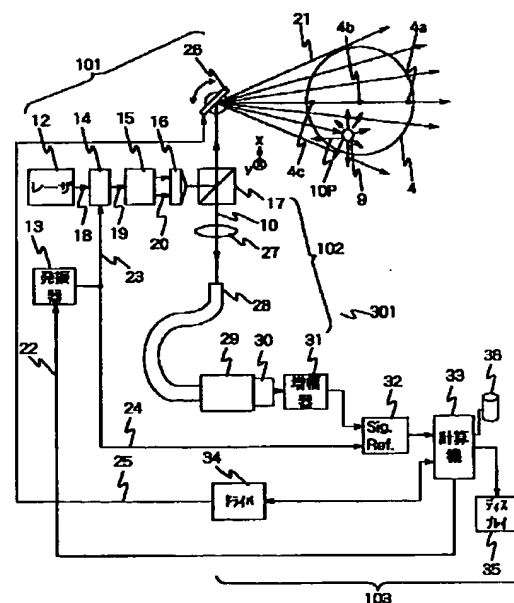
(54) 【発明の名称】 半導体の製造方法並びにプラズマ処理方法およびその装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 プラズマ処理室内の汚染状況のリアルタイムモニタリングを可能にしたプラズマ処理方法およびその装置を提供する。

【解決手段】 処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理方法およびその装置において、所望の波長を有し、所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に照射する照射光学系101と、前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系102と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段103とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測することを特徴とする。

図 2



11...検出部 14...AO変換器 15...ビームエキスパンダ  
16...アキシコン 17...偏光ビームスプリッタ 25...ガルバノミラー  
29...モノクロメータ 30...光電子増倍管 32...同期検波回路

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって半導体基板に対して処理して半導体を製造する半導体の製造方法において、

所望の波長を有し、所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測することを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項2】処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって半導体基板に対して処理して半導体を製造する半導体の製造方法において、  
所望の波長を有し、前記プラズマの励起周波数およびその整数倍または前記プラズマの発光周波数およびその整数倍と異なる所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測することを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項3】処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理方法において、  
所望の波長を有し、所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項4】処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理方法において、

所望の波長を有し、前記プラズマの励起周波数およびその整数倍または前記プラズマの発光周波数およびその整数倍と異なる所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項5】処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理装置において、  
所望の波長を有し、所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に照射する照射光学系と、  
該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、  
該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項6】処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理装置において、  
所望の波長を有し、前記プラズマの励起周波数およびその整数倍または前記プラズマの発光周波数およびその整数倍と異なる所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に照射する照射光学系と、  
該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、  
該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項7】処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理装置において、

所望の波長を有し、所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に非回折ビームで照射する照射光学系と、  
該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、

該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項8】処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理装置において、

所望の波長を有し、前記プラズマの励起周波数およびその整数倍または前記プラズマの発光周波数およびその整数倍と異なる所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に非回折ビームで照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項9】前記プラズマ浮遊異物計測装置の照射光学系において、前記非回折ビームが前記被処理対象物の表面の面方向のみに形成してプラズマバルク・シース界面領域に偏在する浮遊した異物を検出できるように構成したことを特徴とする請求項7または8記載のプラズマ処理装置。

【請求項10】処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理装置において、

所望の波長を有し、所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる後方散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する後方散乱光検出光学系と、該後方散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項11】処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理装置において、

所望の波長を有し、前記プラズマの励起周波数およびその整数倍または前記プラズマの発光周波数およびその整数倍と異なる所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に照射する照射光学系と、

該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる後方散乱光を前記所望の波長成分で分離して受

光して信号に変換する後方散乱光検出光学系と、該後方散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項12】前記プラズマ浮遊異物計測装置の後方散乱光検出光学系において、前記処理室からの正反射光を遮光する遮光光学要素を有することを特徴とする請求項10または11記載のプラズマ処理装置。

【請求項13】前記プラズマ浮遊異物計測装置の照射光学系において、前記光を、前記被処理対象物の表面上を該表面に沿って走査する走査光学系を有することを特徴とする請求項5または6または7または8または9または10または11記載のプラズマ処理装置。

【請求項14】前記プラズマ浮遊異物計測装置の照射光学系において、強度変調周波数が、前記プラズマの励起周波数または前記プラズマの発光周波数と直流成分との間であることを特徴とする請求項5または6または7または8または9または10または11記載のプラズマ処理装置。

【請求項15】前記処理室において、前記プラズマ浮遊異物計測装置の照射光学系によって照射される光と前記プラズマ浮遊異物計測装置の散乱光検出光学系で検出する散乱光とを透過する観測窓を設け、該観測窓の内面に反応生成物が堆積しないようにする反応生成物堆積防止手段を備えたことを特徴とする請求項5または6または7または8または9または10または11記載のプラズマ処理装置。

【請求項16】処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって半導体基板に対して成膜処理しながら、所望の波長を有し、所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測する成膜工程を有することを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項17】処理室内にプラズマを発生させ、成膜された半導体基板に対して前記プラズマによってエッチング処理しながら、所望の波長を有し、所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光

学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測するエッチング工程を有することを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項18】成膜用処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって半導体基板に対して成膜処理しながら、所望の波長を有し、前記プラズマの励起周波数およびその整数倍または前記プラズマの発光周波数およびその整数倍と異なる所望の周波数で強度変調した光を前記成膜用処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記成膜用処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記成膜用処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測する成膜工程を有することを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項19】エッチング用処理室内にプラズマを発生させ、成膜された半導体基板に対して前記プラズマによってエッチング処理しながら、所望の波長を有し、前記プラズマの励起周波数およびその整数倍または前記プラズマの発光周波数およびその整数倍と異なる所望の周波数で強度変調した光を前記エッチング用処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記エッチング用処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記エッチング用処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測するエッチング工程を有することを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項20】処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって半導体基板に対して成膜処理しながら、所望の波長を有し、所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物

を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測する成膜工程と、処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって前記成膜工程で成膜された半導体基板に対してエッチング処理しながら、所望の波長を有し、所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測するエッチング工程とを有することを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項21】成膜用処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって半導体基板に対して成膜処理しながら、所望の波長を有し、前記プラズマの励起周波数およびその整数倍または前記プラズマの発光周波数およびその整数倍と異なる所望の周波数で強度変調した光を前記成膜用処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記成膜用処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記成膜用処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測する成膜工程と、

エッチング用処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって前記成膜工程で成膜された半導体基板に対してエッチング処理しながら、所望の波長を有し、前記プラズマの励起周波数およびその整数倍または前記プラズマの発光周波数およびその整数倍と異なる所望の周波数で強度変調した光を前記エッチング用処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記エッチング用処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記エッチング用処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測するエッチング工程とを有することを特徴とする半

導体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラズマ処理室内に浮遊したサブミクロンの異物を、プラズマ発光等の外乱の影響を受けることなく、処理中にin-situ（その場）計測して半導体基板等の被処理対象物の歩留まり向上を図った半導体の製造方法並びにプラズマ処理方法およびその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】プラズマ処理室内に浮遊した異物をモニタする従来技術としては、特開昭57-118630号公報（従来技術1）、特開平3-25355号公報（従来技術2）、特開平3-147317号公報（従来技術3）、特開平6-82358号公報（従来技術4）、特開平6-124902号公報（従来技術5）がある。

【0003】上記従来技術1には、反応空間における自己発光光のスペクトルと異なったスペクトルを有する平行光を反応空間に照射する手段と、前記平行光の照射を受けて前記反応空間において発生する微粒子からの散乱光を検出する手段を具備した蒸着装置が知られている。また、上記従来技術2には、半導体装置用基板表面に付着した微細粒子及び浮遊した微細粒子を、レーザ光による散乱を用いて測定する微細粒子測定装置において、波長が同一で相互の位相差がある所定の周波数で変調された2本のレーザ光を発生させるレーザ光位相変調部と、上記2本のレーザ光を上記の測定対象である微細粒子を含む空間において交差させる光学系と、上記2本のレーザ光の交差された領域において測定対象である微細粒子により散乱させた光を受光し、電気信号に変換する光検出部と、この散乱光による電気信号の中で上記レーザ光位相変調部での位相変調信号と周波数が同一または2倍で、かつ上記位相変調信号との位相差が時間的に一定である信号成分を取り出す信号処理部とを備えた微細粒子測定装置が知られている。

【0004】また、上記従来技術3には、コヒーレント光を走査照射して反応容器内で散乱する光をその場で発生させるステップと、上記反応器内で散乱する光を検出するステップを含み、それにより上記散乱光を解析することにより上記反応器内の汚染を測定する技術が記載されている。また、上記従来技術4には、レーザ光を生成するレーザ手段と、検出されるべき粒子を含むプラズマ処理ツールの反応室内の領域を上記レーザ光で走査するスキャナ手段と、上記領域内の粒子によって散乱したレーザ光のビデオ信号を生成するビデオ・カメラ手段と、上記ビデオ信号のイメージを処理し表示する手段とを有する粒子検出器が記載されている。また、上記従来技術5には、プラズマ処理室内のプラズマ生成領域を観測するカメラ装置と、該カメラ装置により得られた画像を処理して目的とする情報を得るデータ処理部と、該データ

処理部にて得られた情報に基づいてパーティクルを減少させるように排気手段、プロセスガス導入手段、高周波電圧印加手段およびパージガス導入手段のうち少なくとも一つを制御する制御部とを備えたプラズマ処理装置が記載されている。

【0005】また、半導体や薬品製造プロセス等の高洗浄プロセス管理に用いられる微粒子測定装置に関する従来技術としては、特開昭63-71633号公報（従来技術6）がある。この従来技術6には、試料検体を流す容器の微小域にレーザ光を照射し試料中の粒子からの散乱光を検出する粒子検出装置において、レーザ光を一定周波数で強度変調するための手段およびレーザ光の強度変調周波数と同一周波数の検出器からの信号を測定するための位相検波器からなる微粒子計数装置が記載されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】プラズマ処理装置では、プラズマ処理によって生成された反応生成物がプラズマ処理室の壁面あるいは電極に堆積し、これが時間経過に伴い、剥離して浮遊異物となる。この浮遊異物はプラズマ処理中に被処理対象物上に付着して不良を引き起こしたり、あるいはプラズマのバルク・シース界面でトラップされ、プラズマ処理が終了しプラズマ放電が停止した瞬間に被処理対象物上に落下し、付着異物として特性不良や外観不良を引き起こす。最終的には半導体基板等の被処理対象物の歩留まり低下を引き起こしていた。一方、半導体基板等の被処理対象物に形成する回路パターンの高集積化（例えば、半導体の分野においては、256Mbit DRAM、さらには1Gbit DRAMへと高集積化が進み回路パターンの最小線幅は0.25～0.18 $\mu$ mと微細化の一途をたどっている。）が進み、プラズマ処理する際、プラズマ中若しくはその近傍に浮遊するサブミクロンのオーダの微小異物をも計測する必要が生じてきている。

【0007】そこで、プラズマ処理装置において、プラズマ処理中にプラズマ中若しくはその近傍に浮遊するサブミクロンのオーダの微小異物をも、プラズマ発光等の外乱の影響を受けることなく、計測することが要求される。しかしながら、プラズマ発光は紫外域から近赤外域にわたって連続的な波長スペクトルを有している関係で、上記従来技術1に記載されたスペクトルにより、プラズマ中若しくはその近傍に浮遊するサブミクロンの微小異物をプラズマ発光と分離して検出することは困難である。

【0008】以上説明したように、従来技術1～5の何れにも、プラズマ中若しくはその近傍に浮遊するサブミクロンの微小異物から得られる非常に微弱な散乱光を、プラズマ発光と分離して検出しようとする点について考慮されていなかった。また、従来技術6は、容器に流れる試料中の粒子を測定するものであり、当然プラズマ中

若しくはその近傍に浮遊するサブミクロンの微小異物から得られる非常に微弱な散乱光を、プラズマ発光と分離して検出しようとする点について考慮されていないものである。

【0009】本発明の目的は、上記課題を解決すべく、プラズマ処理室内におけるプラズマ中若しくはその近傍のサブミクロンまでの浮遊した微小異物についてプラズマ処理中にプラズマ発光と分離して検出する検出感度を大幅に向上してプラズマ処理室内の汚染状況のリアルタイムモニタリングを可能にして歩留まり向上をはかったプラズマ処理方法およびその装置を提供することにある。また、本発明の他の目的は、プラズマ処理室内におけるプラズマ中若しくはその近傍のサブミクロンまでの浮遊した微小異物についてプラズマ発光と分離して検出する検出感度を大幅に向上してプラズマ処理室内の汚染状況のリアルタイムモニタリングを可能にして高歩留まりで、高品質の半導体を製造できるようにした半導体の製造方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって半導体基板に対して処理して半導体を製造する半導体の製造方法において、所望の波長を有し、所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測することを特徴とする半導体の製造方法である。また、本発明は、処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって半導体基板に対して処理して半導体を製造する半導体の製造方法において、所望の波長を有し、前記プラズマの励起周波数およびその整数倍または前記プラズマの発光周波数およびその整数倍と異なる所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測することを特徴とする半導体の製造方法である。

【0011】また、本発明は、処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理方法において、所望の波長を有し、所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測することを特徴とする。また、本発明は、処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理方法において、所望の波長を有し、前記プラズマの励起周波数およびその整数倍または前記プラズマの発光周波数およびその整数倍と異なる所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測することを特徴とする。

【0012】また、本発明は、処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理装置において、所望の波長を有し、所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を設けたことを特徴とする。また、本発明は、処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理装置において、所望の波長を有し、前記プラズマの励起周波数およびその整数倍または前記プラズマの発光周波数およびその整数倍と異なる所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱



光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を設けたことを特徴とする。

【0013】また、本発明は、処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理装置において、所望の波長を有し、所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に非回折ビームで照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を設けたことを特徴とする。また、本発明は、処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理装置において、所望の波長を有し、前記プラズマの励起周波数およびその整数倍または前記プラズマの発光周波数およびその整数倍と異なる所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に非回折ビームで照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を設けたことを特徴とする。

【0014】また、本発明は、前記プラズマの励起周波数または前記プラズマの発光周波数にはある程度の幅（ばり）を有することから、この幅を考慮して強度変調する周波数を10%~15%程度以上異ならしめることを特徴とする。また、本発明は、前記プラズマの励起周波数または前記プラズマの発光周波数に、イオン加速周波数および被処理対象物搭載電極に印加される高周波電源の周波数も含むことを特徴とする。また、本発明は、前記プラズマ処理装置におけるプラズマ浮遊異物計測装置の照射光学系において、前記強度変調に使用する変調信号としてデューティ40~60%の矩形波を用いることを特徴とする。また、本発明は、前記プラズマ処理装置におけるプラズマ浮遊異物計測装置の照射光学系において、前記非回折ビームを前記被処理対象物の表面の面方向のみに形成してプラズマバルク・シース界面領域に偏在する浮遊した異物を検出できるように構成したことを特徴とする。また、本発明は、前記プラズマ処理装置におけるプラズマ浮遊異物計測装置の照射光学系において、前記非回折ビームを、アキシコンもしくは輪帯

開口光学系によって生成するように構成したことを特徴とする。

【0015】また、本発明は、処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理装置において、所望の波長を有し、所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる後方散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する後方散乱光検出光学系と、該後方散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を設けたことを特徴とする。また、本発明は、処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理装置において、所望の波長を有し、前記プラズマの励起周波数およびその整数倍または前記プラズマの発光周波数およびその整数倍と異なる所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる後方散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する後方散乱光検出光学系と、該後方散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を設けたことを特徴とする。

【0016】また、本発明は、前記プラズマ処理装置におけるプラズマ浮遊異物計測装置の後方散乱光検出光学系において、前記処理室からの正反射光を遮光する遮光光学要素を有することを特徴とする。また、本発明は、前記プラズマ処理装置におけるプラズマ浮遊異物計測装置の照射光学系において、前記光を、前記被処理対象物の表面上を該表面に沿って走査する走査光学系を有することを特徴とする。また、本発明は、前記プラズマ処理装置におけるプラズマ浮遊異物計測装置の照射光学系において、強度変調周波数が、前記プラズマの励起周波数または前記プラズマの発光周波数と直流成分との間であることを特徴とする。また、本発明は、前記プラズマ処理装置における処理室において、前記プラズマ浮遊異物計測装置の照射光学系によって照射される光と前記プラズマ浮遊異物計測装置の散乱光検出光学系で検出する散乱光とを透過する観測窓を設け、該観測窓の内面に反応生成物が堆積しないようにする反応生成物堆積防止手段を備えたことを特徴とする。

【0017】また、本発明は、処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって半導体基板に対して成膜処理しながら、所望の波長を有し、所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に照射する照射光学系と、該照

射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測する成膜工程を有することを特徴とする半導体の製造方法である。また、本発明は、処理室内にプラズマを発生させ、成膜された半導体基板に対して前記プラズマによってエッチング処理しながら、所望の波長を有し、所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測するエッチング工程を有することを特徴とする半導体の製造方法である。

【0018】また、本発明は、成膜用処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって半導体基板に対して成膜処理しながら、所望の波長を有し、前記プラズマの励起周波数およびその整数倍または前記プラズマの発光周波数およびその整数倍と異なる所望の周波数で強度変調した光を前記成膜用処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記成膜用処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記成膜用処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測する成膜工程を有することを特徴とする半導体の製造方法である。また、本発明は、エッチング用処理室内にプラズマを発生させ、成膜された半導体基板に対して前記プラズマによってエッチング処理しながら、所望の波長を有し、前記プラズマの励起周波数およびその整数倍または前記プラズマの発光周波数およびその整数倍と異なる所望の周波数で強度変調した光を前記エッチング用処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記エッチング用処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光

学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記エッチング用処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測するエッチング工程を有することを特徴とする半導体の製造方法である。

【0019】また、本発明は、処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって半導体基板に対して成膜処理しながら、所望の波長を有し、所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測する成膜工程と、処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって前記成膜工程で成膜された半導体基板に対してエッチング処理しながら、所望の波長を有し、所望の周波数で強度変調した光を前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測するエッチング工程とを有することを特徴とする半導体の製造方法である。

【0020】また、本発明は、成膜用処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって半導体基板に対して成膜処理しながら、所望の波長を有し、前記プラズマの励起周波数およびその整数倍または前記プラズマの発光周波数およびその整数倍と異なる所望の周波数で強度変調した光を前記成膜用処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記成膜用処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記成膜用処理室内に発生したプラズマ中若しく

はその近傍に浮遊した異物を計測する成膜工程と、エッチング用処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって前記成膜工程で成膜された半導体基板に対してエッチング処理しながら、所望の波長を有し、前記プラズマの励起周波数およびその整数倍または前記プラズマの発光周波数およびその整数倍と異なる所望の周波数で強度変調した光を前記エッチング用処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記エッチング用処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記エッチング用処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測するエッチング工程とを有することを特徴とする半導体の製造方法である。

【0021】以上説明したように、前記構成によれば、プラズマ中若しくはその近傍のサブミクロンまでの浮遊微小異物から発生する微弱な散乱光をプラズマ発光から分離して検出することにより、プラズマ中若しくはその近傍のサブミクロンまでの浮遊微小異物の検出感度を大幅に向上することができ、その結果、プラズマ処理室内の汚染状況のリアルタイムモニタリングが可能となり、異物付着による不良製品の発生を低減でき、高歩留まりで、しかも高品質の半導体素子等の製造が可能となる。また、前記構成によれば、非回折ビームを用いることにより、被処理基板全面にわたり均一エネルギー照明・均一感度検出が実現でき、しかもプラズマ中若しくはその近傍のサブミクロンまでの浮遊微小異物から発生する微弱な散乱光をプラズマ発光から分離して検出することにより、被処理基板全面にわたりプラズマ中若しくはその近傍のサブミクロンまでの浮遊微小異物を安定して検出感度を大幅に向上して検出することができ、その結果、プラズマ処理室内の汚染状況のリアルタイムモニタリングが可能となる。

【0022】また、前記構成によれば、プラズマ中若しくはその近傍のサブミクロンまでの浮遊異物から発生する微弱な後方散乱光をプラズマ発光から分離して検出することにより、観測窓の汚れを防止するのを容易にすると共に、レーザ照射光学系および散乱光検出光学系をコンパクト化して、プラズマ中若しくはその近傍のサブミクロンまでの浮遊異物の検出感度を大幅に向上することができ、その結果、プラズマ処理室内の汚染状況のリアルタイムモニタリングが可能となる。

【0023】

【発明の実施の形態】本発明に係る処理室内の汚染状況をリアルタイムモニタリングを可能にして異物付着による不良の被処理基板（被処理対象物）を低減して高品質

の半導体素子等を製造するための半導体製造方法およびその装置の実施の形態について、図面を用いて説明する。半導体素子等を製造するための処理装置としては、プラズマエッチング装置、プラズマ成膜装置等がある。これらの処理装置は、処理室内にプラズマを発生させ、被処理基板に対してエッチングを施したり、CVDやスパッタリングによって成膜を施すものである。

【0024】以下、これらの処理装置における処理室内の汚染状況（異物等の発生状況）をリアルタイムモニタリングする実施の形態について、図1～図20を用いて説明する。まず、本発明に係るプラズマ処理装置について、図1を用いて説明する。図1に示すように、プラズマ処理装置201は、被処理基板（被処理対象物）4を載置した電極3上にプラズマ8を発生させ、該発生したプラズマによって被処理基板4に対して処理をするものである。このプラズマ処理装置201において、被処理基板4に対してプラズマ処理している時間と共に、反応生成物が排気されずに一部が処理室1内の壁面や電極に堆積していくことになる。更に、被処理基板4を多数枚についてプラズマ処理していくに伴い、堆積した反応生成物が多く剥がれて処理室1内に多量に浮遊し、次にプラズマ8内に浸入し、その多くが被処理基板4の表面に付着し、多くの異物が付着した不良の被処理基板4を作ることになる。特に、被処理基板4に形成する回路パターンの高集積化が進んで半導体の分野においては、回路パターンの最小線幅は0.25～0.18 $\mu\text{m}$ と微細化の一途を辿っている。従って、被処理基板4の表面に付着する異物のサイズがサブミクロンオーダーでも不良の被処理基板4が作られることになる。

【0025】次に、プラズマ処理装置としてのプラズマエッチング装置94の一つである平行平板形プラズマエッチング装置について図1を用いて説明する。互いにプラズマ8を形成する間隙を形成して平行になった上部電極2と下部電極3とをプラズマ処理室1内に配置する。下部電極3上には、被処理基板4が設置される。ところで、処理室内の上部電極2と下部電極3との間には、外部からエッチング用ガスが供給される。そして、パワーアンプ6の出力電圧は、シグナルジェネレータ5からの高周波信号により変調される。この変調された380～800kHz程度の高周波電圧は、分配器7により分配されて上部電極2と下部電極3との間に印加される。従って、両電極間での放電によって、供給されたエッチング用ガスをプラズマ化してプラズマ8を発生させ、その活性種で被処理基板4をエッチングすることになる。更に、エッチング処理装置は、エッチングの進行状況を監視し、その終点をできるだけ正確に検出することによって所定のパターン形状及び深さになるようにエッチング処理を行う。即ち、終点が検出されるとパワーアンプ6の出力が停止され、その後被処理基板4が処理室1から搬出される。この他に、プラズマエッチング装置94と

しては、共振させたマイクロ波を導入して磁界若しくは電界によってプラズマ化してエッチングするものがある。

【0026】また、プラズマ成膜装置90としては、例えばCVDガスを上部電極から供給し、この供給されたCVDガスを高周波電力によってプラズマ化して反応させて被処理基板上に成膜するものがある。

【0027】次に、本発明に係るプラズマ浮遊異物計測装置301の基本原理について、図3～図5を用いて説明する。プラズマ浮遊異物計測装置は、プラズマ処理装置において発生したプラズマ8の中若しくは近傍に浮遊する異物を計測する必要がある。図3には、プラズマ励起周波数を400kHzとした場合におけるエッチング中の時間に対するプラズマ発光波形の観測例(時間と発光強度[V](Vは電圧の単位:ボルト)との関係)を示す。図3に示すように、プラズマ発光強度[V]は、プラズマ励起周波数400kHzと同期して、周期的に変化しているのが判る。図4には、この発光波形をスペクトラムアナライザで観測した例(周波数[MHz]と発光強度[mV]との関係)を示す。図4に示すように、基本周波数400kHzとその整数倍の800kHz、1200kHz、1600kHz・・・の高調波成分が観測される。また、図4に示すように、発光強度が、0.7mV程度の様々な周波数成分を持ったノイズ成分に対して基本周波数400kHzおよびその2倍の800kHzについては1.9mV程度、その3倍の1200kHzについては1.6mV程度、その4倍の1600kHzについては1.4mV程度観測される。図5には、図4に示すノイズ成分を除いた状態でのプラズマ発光の周波数スペクトルと、波長532nm(緑色)のレーザ光について周波数170kHzで強度変調して照射した際プラズマ中の浮遊異物から検出される散乱光の発光の周波数スペクトルとを示す。すなわち、図5に示すように、プラズマ励起周波数を400kHzとした場合、プラズマ発光の周波数スペクトルは、様々な周波数成分を持ったノイズ成分の上に直流成分40と400kHz成分41というように離散的に存在し、周波数領域において空き領域があることが判る。また、図5から明らかなように、被処理基板4上に発生したプラズマ8からは様々な波長成分(主に300nm(近紫外光)～490nm(青色)程度)を持った光が発光されて、浮遊したサブミクロンオーダの異物に照射されることになる。

【0028】従って、例えば、波長532nm(緑色)のレーザ光を、上記プラズマ発光の周波数とは異なる例えば周波数170kHzで強度変調し、該強度変調されたレーザ光を処理室1内に入射し、検出光の中から波長532nm、周波数170kHz成分、すなわちピーク42のみを取り出せば、サブミクロンオーダの異物からの散乱光を、様々な周波数成分と様々な波長成分とから

なるノイズ成分を有するプラズマ発光から分離して検出することが可能となる。このように、検出光の中から照射したレーザ光の波長成分と強度変調した周波数成分の両方から抽出することによって、サブミクロンオーダの異物からの散乱光を、様々な周波数成分と様々な波長成分とからなるノイズ成分を有するプラズマ発光から分離して検出することが可能となる。ところで、照射するレーザ光の波長としては、プラズマが主に発光する300nm(近紫外光)～490nm(青色)程度と異なった長波長の赤色および赤外光とすることも可能であるが、サブミクロンオーダの異物からの散乱光を多くとるためには緑より短い波長(例えば紫色または紫外光)を用いた方が好ましい。このように、プラズマから発光する波長成分を有するレーザ光を照射させたとしても、検出光の中から照射したレーザ光の波長成分と強度変調した周波数成分の両方から抽出することによって、サブミクロンオーダの異物からの散乱光を、ノイズ成分を有するプラズマ発光から分離して検出することが可能となる。

【0029】次に、本発明に係るプラズマ中若しくはその近傍に浮遊する異物を計測するプラズマ浮遊異物計測装置301の第1の実施の形態について説明する。プラズマ浮遊異物計測装置は、レーザ照射光学系101(図1)と、散乱光検出光学系102(図2)と、信号処理・制御系103(図2)とから構成される。レーザ照射光学系101では、まず、波長として532nmの固体レーザ光(半導体レーザで励起される。)、633nmのHe-Neレーザ光、514.5nmのArレーザ光、780nmの半導体レーザ光等を出射するレーザ光源12から出射されたS偏光ビーム18を強度変調器14に入射する。強度変調器14としては、AO(Acousto-Optical)変調器や開口を形成した円板を高速回転するように構成した機械的な強度変調器等で構成することができる。強度変調器14としての例えばAO変調器には、計算機33からの制御信号22に基づき、発振器13から出力されたプラズマ発光の周波数とは異なる例えば周波数170kHz、デューティ40～60%の矩形波信号が印加されているため、入射されたS偏光ビーム18は、この周波数で強度変調される。この強度変調されたビーム19はビームエキスパンダ15により拡大され、この拡大されたビーム20はアキシコン16と呼ばれる円錐形のプリズムにより0次ベッセルビームと呼ばれる非回折ビーム21に変換される。この非回折ビーム21は、図6(a)、(b)に示すように、非常に深い焦点深度をもつ。本第1の実施の形態では、アキシコン16の円錐部の頂角 $\theta$ と入射ビーム20の直径Rを調整することにより、焦点深度約300mmにわたって、直径約10 $\mu$ m～30 $\mu$ m程度のスポット21sが維持できる光学系を構成した。なお、20tは、中心スポット21sの周囲のサイドローブを示す。これにより、光軸に沿った被処理基板4の中央4b、両

端4a、4cにおいて、均一なエネルギー密度で異物を照射することが可能となる。なお、図8に示すように、平行ビーム20を輪帯開口49に入射し、出射ビームを焦点距離fの位置に配置したレンズ50で光学的フーリエ変換することによっても、同様の非回折ビーム51が得られる。

【0030】図2は、図1に示す光学系を上方から示したものである。アキシコン16で形成された非回折ビーム21は偏光ビームスプリッタ17で反射された後、高速駆動するガルバノミラー（光走査手段）26で反射され、観測窓11を透過してプラズマ処理室1内に入射し、被処理基板4の上空を全面走査する。このように、300mmという焦点深度の非常に深い非回折ビーム21を用いることにより、被処理基板4の上空全面を均一のエネルギー密度で走査することが可能となり、本発明の大きな特徴の一つとなる。更に、この均一のエネルギー密度で走査される非回折ビーム21が、プラズマ8中若しくは近傍の浮遊異物9に照射されると、該浮遊異物9によって散乱される。異物散乱光10Pのうち入射非回折ビーム21と同一の光軸に後方散乱された散乱光は、ガルバノミラー（光走査手段）26で反射され、そのうちP偏光成分10が偏光ビームスプリッタ17を透過し、結像レンズ27により光ファイバ28の入射端面に集光される。処理室1の壁面1Wや観測窓11等からの直接反射光は入射光21と同じS偏光であるため、偏光ビームスプリッタ17で反射され、光ファイバ28には入射しない。このように、処理室1の壁面1Wや観測窓11等からの直接反射光については、光学的に消去することが可能である。

【0031】図7に示すように、被処理基板4の中央4bと光ファイバ28の入射端面とが結像関係になっているが、入射端面のファイバ束領域（受光領域）48は、デフォーカスした両端4a、4cからの散乱光も検出可能な大きさとなっている。従って、上記非回折ビーム21と併せ、被処理基板4の全面において均一エネルギー照明・均一感度検出が可能である。光ファイバ28の出射端はモノクロメータ29に接続されており、レーザ光18と同一波長成分（532nm、633nm、514.5nm、780nm等）が抽出され、光電子像倍管30により光電変換される。モノクロメータでなく干渉フィルタを用いて波長分離することも可能である。検出信号は、信号処理・制御系103において、レーザ変調周波数よりも十分広い500kHz程度の帯域をもつ増幅器31で増幅された後、ロックインアンプ等の同期検波回路32に送られる。同期検波回路32では、レーザ光の変調に用いた、発振器13から出力された強度変調周波数（例えば170kHz）、所望のデューティ（例えば40～60%）の矩形波信号24を参照信号として、同期検波により、検出信号から強度変調周波数（例えば170kHz）の異物散乱光成分が抽出され、計算機33

に送られる。計算機33では、ドライバ34を介して走査制御信号25をガルバノミラー（光走査手段）26に送り、非回折ビーム21を走査しつつ各走査位置での異物散乱信号を逐一検出し、各走査位置での異物信号強度をディスプレイ35にリアルタイムでグラフ表示しつつ、被処理基板4の単位で内部のメモリ（図示せず）または外部に設けられた記憶装置36に記憶される。そして、被処理基板4に対してプラズマ処理（例えばエッチング、CVD等）が終了すると、被処理基板4が処理室1から搬出されて1枚の被処理基板4に対するサブミクロンのオーダの浮遊微小異物の計測が終了する。計算機33は、記憶装置36に記憶された各被処理基板単位での各走査位置での浮遊微小異物の検出信号を、出力手段である例えばディスプレイ35に出力することが可能である。

【0032】図9は、記憶装置36から読み出されて、ディスプレイ35に出力表示された、被処理基板4の処理枚数に対応する累積放電時間（h）の経過と共に、φ200mmの被処理基板4における各走査位置[mm]（-100mm～100mmの範囲における25mm間隔）での異物散乱光強度の変化を示したものである。図9から明らかなように、被処理基板4の処理枚数に対応する累積放電時間（h）の増加と共に、計測される浮遊微小異物の個数が増加していることが判る。以上説明したように、波長及び周波数の2つの領域について微弱な異物散乱光をプラズマ発光から分離して検出することにより、プラズマ中若しくはその近傍に浮遊するサブミクロンの微小異物までも感度を大幅に向上して検出するという効果が得られる。また、非回折ビームを用いることにより、被処理基板全面にわたり均一エネルギー照明・均一感度検出が実現でき、被処理基板全面にわたり安定な異物検出が可能になるという効果がある。

【0033】また、後方散乱光を散乱光検出光学系102で検出するように構成したので、ガルバノミラー26の走査に同期させて容易にプラズマ中若しくはその近傍に浮遊する異物を検出することが可能となり、レーザ照射光学系101および散乱光検出光学系102の簡素化（コンパクト化）をはかることができる。これらの効果により、プラズマ処理室内の汚染状況をリアルタイムでモニタリングが可能となり、異物付着による不良の被処理基板の発生を低減することできるという効果と、装置クリーニング時期を正確に把握することができるという効果が生まれる。また、ダミーウェハを用いた異物の先行チェック作業の頻度が低減できるため、コスト低減と生産性の向上という効果が生まれる。なお、予め、スポット状の非回折ビーム21をプラズマ8に対して入射させる高さ方向の位置は、異物が最も浮遊する位置に設定される。図1では、非回折ビーム21をプラズマ8の高さ方向の中心に入射させるように設定されているが、通常異物はプラズマ8の下側部分（被処理基板側の境界部

分)に最も浮遊すると称されているので、非回折ビーム21をプラズマ8の下側部分に入射させることが望ましい。即ち、レーザ照射光学系101および散乱光検出光学系102の高さは、プラズマ中若しくは近傍から浮遊異物が最も多く検出される位置に調整される。例えば、図10に示すように、観測窓11とガルバノミラー26との間に、移動ミラー41と固定ミラー42とによって構成される高さ方向に平行移動可能な光学系40を設け、上記移動ミラー41の移動量を制御することによって入射させるスポット状の非回折ビーム21の高さ調整を行うことができる。

【0034】また、ガルバノミラー26の回転と移動ミラー41の移動とを併用して非回折ビーム21を3次元的に走査させてプラズマ8に対して照射し、該プラズマ8から発生する後方散乱光を散乱光検出光学系102によって検出し、この検出される後方散乱光からモノクロメータ29によってレーザ光18と同一波長成分を抽出し、この抽出された同一波長成分の後方散乱光を光電子像倍管30により受光して信号に変換し、この変換された信号を同期検波回路32でレーザ光の強度変調周波数で同期検波することによりプラズマ中若しくは近傍に3次元的に浮遊する異物を示す信号を検出することが可能となる。また、観測窓11の内面に、プラズマ処理による反応生成物等が付着されて堆積しないように工夫する必要がある。例えば、観測窓11の内面に反応生成物ができるだけ浸入しないように突き出た角筒状の遮蔽物38aを設けることによって、反応生成物等が付着するのを防止することができる。y軸方向には、相対向する遮蔽物38aの間隔を、中心スポット21sの周囲のサイドローブ21tがトラップされないようにする必要がある。また、x軸方向には、相対向する遮蔽物38aの間隔を、中心スポット21sの周囲のサイドローブ21tがトラップされず、しかもガルバノミラー26で走査可能なように拡張すると共に内側に行くに従って拡張する必要がある。また、この遮蔽物38aの外側近傍に反応生成物等を排気させる排気口を設けることによって、更に非回折ビーム21が入射する観測窓11の内面に反応生成物等が付着するのを防止することができる。また、相対向する一方の遮蔽物38aから他方の遮蔽物38aへとプラズマ処理に影響しないガス(例えば、不活性ガスまたは処理ガス)を流すことによって、更に非回折ビーム21が入射する観測窓11の内面に反応生成物等が付着するのを防止することができる。また、プラズマ処理が終了した時点においてレーザ照射光学系101から観測窓11に付着した反応生成物等を除去するためのレーザビームを照射することによって、観測窓11の内面をクリーンにすることが可能である。即ち、反応生成物等を除去するためのレーザビームをレーザ照射光学系101の光路の途中から入れるように構成すれば良い。

【0035】このように、非回折ビーム21が入射する

観測窓11の内面に反応生成物等が付着するのを防止する反応生成物付着防止手段を設けることによって、プラズマ中若しくはその近傍に浮遊するサブミクロンの微小異物をも高感度で計測することが可能となる。

【0036】次に、本発明に係るプラズマ中若しくはその近傍に浮遊する異物を計測するプラズマ浮遊異物計測装置301の第2の実施の形態を、図11を用いて説明する。

【0037】図11に示すように、この第2の実施の形態では、レーザ照射光学系101を傾斜させることにより、プラズマ処理室1の内壁1Wや観測窓11からの反射光を下方に向け、壁面1Wからの反射散乱光の散乱光検出光学系102への入射を低減するものである。各光学系101、102、および信号処理・制御系103の構成と機能は第1の実施の形態と同様であるので、説明を省略する。この第2の実施の形態によれば、第1の実施の形態と同様の効果が得られると同時に、処理室内壁1Wからの散乱光が低減し、異物検出感度がさらに向上するという効果がある。

【0038】次に、本発明に係るプラズマ中若しくはその近傍に浮遊する異物を計測するプラズマ浮遊異物計測装置301の第3の実施の形態を、図12〜図14を用いて説明する。図12は、この第3の実施の形態におけるプラズマ処理装置201とプラズマ浮遊異物計測装置のうちレーザ照射光学系105を示すものである。この第3の実施の形態では、図1に示す第1の実施の形態のレーザ照射光学系101のビームエキスパンダ15とアキシコン16を、各々図12および図13に示すように、シリンドリカルレンズ55及び56で構成した片軸(x軸方向)にビーム径を拡大する片軸(x軸方向)のビームエキスパンダと、同じく片軸(x軸方向)のアキシコン57に置き換えている。それ以外のプラズマ処理装置201、散乱光検出光学系102及び信号処理・制御系103は、第1の実施の形態と同様の構成及び機能であるので、説明を省略する。図12に示すように、処理室1の電極方向(y軸方向)には、シリンドリカルレンズ55、56及びアキシコン57は平行な板ガラス状となっている。従って、レーザ光源12から出射され、強度変調器14で強度変調されたS偏光ビーム61は、電極方向(高さy方向)には、図14(b)に示すように、シリンドリカルレンズ55、56及び片軸(x軸方向)のアキシコン57をレーザ出射状態と同じ径約0.5〜3mm程度のビーム63Vとして透過する。一方、図13に示すように、電極と直交する方向(x軸方向)、すなわち、被処理基板4の平面方向では、シリンドリカルレンズ55、56は凸レンズ、また、片軸(x軸方向)のアキシコン57は本来の頂角を有する形状となっている。従って、強度変調ビーム61はシリンドリカルレンズ55、56で拡大された後、図14(a)に示すように、片軸(x軸方向)のアキシコン57により

非回折ビーム63hとなる。従って、図14(c)に示すように、電極方向(y方向)に細長い高さ約0.5~3mm程度、被処理基板4の平面方向(x方向)に幅約10~30μm程度のスポット63hsが光軸に沿って形成される。この非回折ビーム63hは、第1の実施の形態と同様、偏光ビームスプリッタ17で反射された後、高速駆動するガルバノミラー26で反射され、観測窓11を透過してプラズマ処理室1内に入射し、被処理基板4の上空を全面走査する。図12に示すように、一般に、プラズマ8中の浮遊異物9cは、被処理基板4直上のプラズマバルク・シース界面でトラップされ、この領域に偏在するといわれている。本第3の実施の形態では、このプラズマバルク・シース界面でトラップされた異物9cを検出することを目的としたものである。第1の実施の形態において図6(b)に示した非回折ビーム21を被処理基板4の直上を走査させると、中心スポット21sの周囲のサイドローブ21tが被処理基板4でけられて非回折ビーム生成条件がくずれ、中心スポット21sが形成されなくなる。これに対し、本第3の実施の形態では、図14(c)に示すように、被処理基板4の平面方向にのみサイドローブ63htが形成されているため、図12に示すように非回折ビーム63hを被処理基板4の直上まで最接近させて走査させることができ、プラズマバルク・シース界面でトラップされた異物9cを検出することが可能となる。また、観測窓11の内面に、プラズマ処理による反応生成物等が付着されて堆積しないように工夫する必要がある。例えば、第1の実施の形態と同様、観測窓11の内面に反応生成物ができるだけ浸入しないように突き出た角筒状の遮蔽物38bを設ける場合、y軸方向には、相対向する遮蔽物38bの間隔を、レーザ出射状態と同じ径約0.5~3mm程度に狭めることができ、観測窓11の内面への堆積物の付着を著しく低減することが可能となる。x軸方向には、相対向する遮蔽物38bの間隔を、中心スポット63hsの周囲のサイドローブ63htがトラップされず、しかもガルバノミラー26で走査可能なように拡げると共に内側に行くに従って拡げる必要がある。また、この遮蔽物38bの外側近傍に反応生成物等を排気させる排気口を設けることによって、更に非回折ビーム63hが入射する観測窓11の内面に反応生成物等が付着するのを防止することができる。また、相対向する一方の遮蔽物38bから他方の遮蔽物38bへとプラズマ処理に影響しないガス(例えば不活性ガスまたは処理ガス)を流すことによって、更に非回折ビーム21が入射する観測窓11の内面に反応生成物等が付着するのを防止することができる。

【0039】このように、非回折ビーム21が入射する観測窓11の内面に反応生成物等が付着するのを防止することによって、プラズマ中若しくはその近傍に浮遊するサブミクロンの異物をも高感度で計測することが可能

となる。当然、この第3の実施の形態においても、入射させる非回折ビーム63hについての被処理基板4からの高さを最適に設定する必要がある。このように、本第3の実施の形態によれば、第1の実施の形態と同様の効果が得られるだけでなく、プラズマバルク・シース界面でトラップされた異物を検出することが可能となるため、異物検出感度が向上し、高い精度でプラズマ処理装置処理室の汚染状況の管理が可能になるという効果が生まれる。

【0040】次に、本発明に係るプラズマ中若しくはその近傍に浮遊する異物を計測するプラズマ浮遊異物計測装置301の第4の実施の形態を、図15、および図16を用いて説明する。図15は、第4の実施の形態におけるプラズマ浮遊異物計測装置を被処理基板上から示すものである。プラズマ浮遊異物計測装置は、レーザ照射光学系101、散乱光検出光学系106、および信号処理・制御系107から構成される。レーザ照射光学系101は、第1の実施の形態と同様の構成及び機能であるので、説明を省略する。第1~第3の実施の形態は、いずれも異物散乱光のうち後方散乱光を検出するものであったが、本第4の実施の形態では、側方散乱光を検出する構成となっている点が大きく異なる。図15に示すように、異物9からの散乱光10Rのうち、側方散乱光65は散乱光検出光学系106の干渉フィルタ66に入射し、該干渉フィルタ66によってレーザ光21と同一の波長成分(例えば、532nm、633nm、514.5nm、780nm)が分離された後、結像レンズ67により光路長補正プリズム68を介して8チャンネル並列出力タイプのホトダイオードアレイ69(69a、69b、69c)上に集光される。図16は、この散乱光検出光学系106を側方から示したものである。光路長補正プリズム68は68a、68b、68cの3つのユニットから成っており、ウェハ上で光軸に沿った各点4P、4Q、4R及びその近傍からの散乱光を、光路長を補正することにより、ピンホール76a、76b、76cを介して3つのホトダイオードアレイ69a、69b、69c上に結像させる。信号処理・制御系107では、3つのホトダイオードアレイ69a、69b、69cからの8×3=24チャンネルの出力信号を各々8チャンネルの増幅器ユニット70a、70b、70cで増幅した後、各々8チャンネルの同期検波ユニット71a、71b、71cに入力する。同期検波ユニット71a、71b、71cでは、レーザ光の変調に用いた、発振器13から出力された強度変調周波数(例えば170kHz)、所望のデューティ(例えば50%)の矩形波信号24を参照信号として、同期検波により、24チャンネルの検出信号から強度変調周波数(例えば170kHz)の異物散乱光成分が抽出され、計算機33に送られる。計算機33では、ドライバ34を介して走査制御信号25をガルバノミラー(光走査手段)26に



送り、非回折ビーム21を走査しつつ各走査位置での異物散乱信号を逐一検出し、被処理基板4の単位で内部のメモリ(図示せず)または外部に設けられた記憶装置36に記憶される。そして、被処理基板4に対してプラズマ処理(例えばエッチング、CVD等)が終了すると、被処理基板4が処理室1から搬出されて1枚の被処理基板4に対する浮遊異物の計測が終了する。

【0041】計算機33は、記憶装置36に記憶された各被処理基板単位での各走査位置での浮遊異物の検出信号を、出力手段である例えばディスプレイ35に出力表示することが可能である。特に、この第4の実施の形態の場合、非回折ビーム21をプラズマ処理室1内に入射させるための入射窓11と、微弱な側方散乱光をプラズマ処理室1の外に出す広い面積を有する長方形の観測窓(図示せず)とを設ける必要がある。従って、入射窓11はもとより、広い面積を有する観測窓の内面に反応生成物等が付着して堆積するのをほぼ完全に防止する必要がある。

【0042】そこで、入射窓11については、前記第1および第2の実施の形態で説明したように構成することによって、入射窓11の内面に反応生成物等が付着して堆積するのを防止することができる。広い面積を有する長方形の観測窓については、内側に上下に相対向する突起物を設け、一方の突起物から他方の突起物へとプラズマ処理に影響を及ぼさないガス(例えば不活性ガスや処理ガス)を流すことによって、観測窓の内面に反応生成物等が付着して堆積するのを防止することができる。

【0043】しかし、広い面積を有する長方形の観測窓の内面に、反応生成物等が付着して堆積するのをほぼ完全に防止しなければならないという課題を有することになる。

【0044】そこで、本第4の実施の形態は、第1の実施の形態と同様の効果が得られるだけでなく、側方散乱光検出であるので、処理室内壁からの反射光の影響が低減でき、異物検出感度が向上するという効果が得られるが、広い面積を有する長方形の観測窓の内面に、反応生成物等が付着して堆積するのを防止しなければならないという課題を有するものである。また、散乱光検出光学系106をガルバノミラー26と対向する位置に配置し、前方散乱光を検出する構成とすることも可能である。その場合、直接入射してくるS偏光の非回折ビームを遮光する遮光板あるいは偏光板を設ける必要がある。

【0045】次に、本発明に係るプラズマ中若しくはその近傍に浮遊する異物を計測するプラズマ浮遊異物計測装置301の第5の実施の形態を、図17、および図18を用いて説明する。図17は、第5の実施の形態におけるプラズマ処理装置201とプラズマ浮遊異物計測装置を示すものであり、図18はこれを被処理基板上方から示したものである。プラズマ浮遊異物計測装置は、レーザ照射光学系108(図17)、散乱光検出光学系1

06(図18)、信号処理・制御系107(図示せず)から構成される。図17に示すように、レーザ照射光学系108において、レーザ光源12から出射されたS偏光ビーム18は強度変調器(例えばAO変調器)14で強度変調され、この強度変調ビーム19はビームエキスパンダ15により拡大される。拡大ビーム20は片軸(y軸方向)のアキシコン80に入射する。この片軸(y軸方向)アキシコン80は、電極方向(y軸方向)には本来の頂角を有する形状となっており、一方、図18に示すように、電極と直交する方向(x軸方向)、すなわち、被処理基板の平面方向では板ガラス状となっている。従って、アキシコン80を通過後、ビームは電極方向(y軸方向)には約 $15\mu\text{m}$ ~ $30\mu\text{m}$ 程度の非回折ビームとなり、被処理基板の平面方向(x軸方向)では拡大ビームのまま通過する。このビームは図17及び図18に示すように、シリンドリカル凹レンズ81により被処理基板の平面方向に扇状に広がるビーム82となる。すなわち、本第5の実施の形態では第1~第4の実施の形態と異なり、ガルバノミラーによるビームの走査が不要となる。異物9からの散乱光10Rのうち、側方散乱光65が散乱光検出光学系106により検出される。散乱光検出光学系106及び信号処理・制御系107は、第4の実施の形態と同様の構成及び機能であるので、説明を省略する。

【0046】本第5の実施の形態によれば第1の実施の形態と同様の効果が得られるだけでなく、ビーム走査系が不要となるので、装置構成が簡略化するという効果が得られる。しかしながら、サブミクロンオーダーの微小な浮遊異物をも計測するためには、該微小な浮遊異物からの散乱光を強める必要がある。そのためには、被処理基板の平面方向に扇状に広がるビーム82の強度を、ガルバノミラー26で走査する場合と同様な強度にする必要がある。そのためには、レーザ光源12として高出力のレーザ光を出射する光源を用いる必要がある。この場合、レーザ光源12として、プラズマ励起周波数と異なる周波数で発振する高出力のS偏光のパルスレーザを出力するものを用いることができる。そして、発振器13の機能をレーザ光源の中に有することになり、強度変調器14は不要となる。なお、第4の実施の形態と同様、散乱光検出光学系106をシリンドリカル凹レンズ81と対向する位置に配置し、前方散乱光を検出する構成とすることも可能である。その場合、直接入射してくるS偏光の非回折ビームを遮光する遮光板あるいは偏光板を設ける必要がある。

【0047】また、第1~第3の実施の形態と同様、後方散乱光を検出するようにすることによって、観測窓11を一つにして、しかも反応生成物等が付着して堆積しない領域を非常に狭めることが可能となり、反応生成物等の付着防止対策を前述したとおり容易に、且つ確実に実現することができ、その結果、プラズマ中若しくはそ



の近傍に浮遊するサブミクロンの微小異物をも高感度で計測することが可能となる。なお、後方散乱光を検出する場合、処理室内壁1Wや観測窓11からの直接反射光および処理室内壁1Wからの散乱反射光も、前述したとおり光学的に容易に消去可能であり、しかもレーザ照射光学系101、105および散乱光検出光学系102を簡素化(コンパクト化)を実現することができる。また、プラズマ中若しくはその近傍に浮遊する異物の計測結果を、処理室の内壁や電極の側壁への反応生成物の付着を低減する手段(例えば処理室の内壁や電極の側壁の温度を制御する手段や処理室の内壁に沿って磁界を発生させる手段)にフィードバックして該手段を制御することによって、処理室の内壁や電極の側壁への反応生成物の付着を低減することができる。次に、本発明に係るプラズマ中若しくはその近傍に浮遊する異物を計測するプラズマ浮遊異物計測装置301を備えたプラズマ処理装置90、94を用いて半導体装置(半導体ウェハ等の半導体基板)を製造する半導体製造ラインの一実施の形態について、図19および図20を用いて説明する。即ち、本実施の形態では、半導体製造ラインのホトリソグラフィ工程中の膜付け装置90(201)とエッチング装置94(201)に、先に述べたプラズマ浮遊異物計測装置301を装着し、ウェハの異物管理と各装置の異物管理を実現する。

【0048】まず、膜付け装置90(201)により、半導体ウェハ上にシリコン酸化膜等の被加工膜が成膜される。成膜中に、プラズマ浮遊異物計測装置301により被処理基板(ウェハ)1枚ごとにプラズマ中若しくはその近傍の浮遊異物の個数を計測し、成膜終了後に診断ユニット99(信号処理・制御系103、107における計算機33またはこの計算機33と別のCPUで構成しても良い。)で総個数を診断する。例えば、図20に示すように、総個数がしきい値Ntを超えた場合、診断ユニット99は該当する被処理基板(ウェハ)Wa及びWbを製造ラインから排除するように指示を出し、該被処理基板(ウェハ)Wa及びWbは製造ラインから排除され、搬送手段(図示せず)により次工程(例えばレジスト塗布工程)へ送出されないようにする。また、Wc以降のようにしきい値Ntを超える被処理基板(ウェハ)が連続して生じる場合、診断ユニット99は、膜付け装置90のクリーニング指示を出す。異物個数がしきい値Nt以下の被処理基板(ウェハ)は搬送手段(図示せず)により例えばレジスト塗布装置91に送られ、該レジスト塗布装置91においてレジストが塗布される。レジスト塗布後、露光装置92により、レチクルやマスク上の所望の回路パターンが転写される。露光された被処理基板(半導体ウェハ)は、現像装置93で転写パターンに対応したレジスト部が除去された後、エッチング装置94(201)に送られる。

【0049】エッチング装置94(201)では、この

レジストパターンをマスクとしてレジスト除去部の被加工膜がエッチングされる。膜付け装置90の場合と同様、エッチング中に、プラズマ浮遊異物計測装置301により被処理基板(ウェハ)1枚ごとにプラズマ中若しくはその近傍の浮遊異物の個数を計測し、エッチング終了後に診断ユニット99(信号処理・制御系103、107における計算機33またはこの計算機33と別のCPUで構成しても良い。)で総個数を診断する。例えば、図20に示すように、総個数がしきい値Ntを超えた場合、診断ユニット99は該当する被処理基板(ウェハ)Wa及びWbを製造ラインから排除するように指示を出し、該被処理基板(ウェハ)Wa及びWbは製造ラインから排除され、搬送手段(図示せず)により次工程(例えばアッシング工程)へ送出されないようにする。また、Wc以降のようにしきい値Ntを超えるウェハが連続して生じる場合、診断ユニット99はエッチング装置94のクリーニング指示を出す。クリーニングの指示が出されると、該エッチング装置94への被処理基板(ウェハ)の投入が中止されてクリーニングが実行される。異物個数がしきい値Nt以下の被処理基板(ウェハ)は、次工程の例えばアッシング装置95に送られレジストが除去された後、洗浄装置96により洗浄される。

【0050】本実施の形態によれば、ホトリソグラフィ工程中の膜付け装置とエッチング装置に、第1～第5の実施の形態に基づくプラズマ浮遊異物計測装置301を装着することにより、各装置の処理室内の汚染状況のリアルタイムモニタリングが可能となり、異物付着による不良被処理基板(不良ウェハ)の発生を低減でき高品質の半導体素子の製造が可能になるという効果と、装置クリーニング時期を正確に把握することができるという効果が生まれる。また、ダミーウェハを用いた異物の先行チェック作業の頻度が低減できるため、コスト低減と生産性の向上という効果が生まれる。また、製造ライン全体の自動化も可能となる。

【0051】なお、以上の実施の形態では、プラズマ励起用高周波電力は400kHz、レーザの強度変調周波数は170kHzとしたが、本発明はこれらの周波数に限定されるものではない。また、以上の実施の形態では、プラズマ処理装置としてのエッチング装置は、平行平板形プラズマエッチング装置としたが、本発明はこれに限定されるものではなく、各種のエッチング装置、例えばECRエッチング装置、あるいはマイクロ波エッチング装置等にも適用可能であることは言うまでもない。また、上記第1～第5の実施の形態では、本発明に係るプラズマ処理装置としてのエッチング装置への適用例について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、プラズマCVD装置等の成膜装置等への適用も十分可能である。また、スパッタ処理装置等、プラズマを用いない成膜装置への適用も原理的に可能である。ま

た、被処理基板も半導体ウェハに限定されるものではなく、液晶表示装置用基板、半導体レーザ素子等にも適用される。また、以上の実施の形態では、波長分離、周波数分離、及び非回折ビームを併用する例を述べたが、必ずしも三者を同時に併用する必要はなく、検出すべき異物の大きさ、及びプラズマ発光等、対象装置で発生する外乱の状況に応じて、どれか一つ、もしくは二つを選択すればよい。

【0052】

【発明の効果】本発明によれば、プラズマ中若しくはその近傍のサブミクロンまでの浮遊異物から発生する微弱な散乱光をプラズマ発光から分離して検出することにより、プラズマ中若しくはその近傍のサブミクロンまでの浮遊異物の検出感度を大幅に向上することができ、その結果、プラズマ処理室内の汚染状況のリアルタイムモニタリングが可能となり、異物付着による不良製品の発生を低減でき、高歩留まりで、高品質の半導体素子等の製造が可能になる効果が得られる。また、本発明によれば、非回折ビームを用いることにより、被処理基板全面にわたり均一エネルギー照明・均一感度検出が実現でき、しかもプラズマ中若しくはその近傍のサブミクロンまでの浮遊異物から発生する微弱な散乱光をプラズマ発光から分離して検出することにより、被処理基板全面にわたりプラズマ中若しくはその近傍のサブミクロンまでの浮遊異物を安定して検出感度を大幅に向上して検出することができ、その結果、プラズマ処理室内の汚染状況のリアルタイムモニタリングが可能となり、異物付着による不良製品の発生を低減でき、高歩留まりで、高品質の半導体素子等の製造が可能になる効果が得られる。

【0053】また、本発明によれば、プラズマ中若しくはその近傍のサブミクロンまでの浮遊異物から発生する微弱な後方散乱光をプラズマ発光から分離して検出することにより、観測窓の汚れを防止するのを容易にすると共に、レーザ照射光学系および散乱光検出光学系をコンパクト化して、プラズマ中若しくはその近傍のサブミクロンまでの浮遊異物の検出感度を大幅に向上することができ、その結果、プラズマ処理室内の汚染状況のリアルタイムモニタリングが可能となり、異物付着による不良製品の発生を低減でき、高歩留まりで、高品質の半導体素子等の製造が可能になる効果が得られる。また、本発明によれば、プラズマ処理装置のクリーニング時期を正確に把握することができる効果も奏する。また、本発明によれば、ダミーウェハを用いた異物の先行チェック作業の頻度が低減できるため、コスト低減と生産性の向上という効果も得られる。

【0054】また、本発明によれば、製造ライン全体の自動化も可能となるという効果も奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るプラズマ処理装置に設けられたプラズマ浮遊異物計測装置の第1の実施の形態を示す正面

図である。

【図2】図1の被処理対象物の上方から見た平面図である。

【図3】プラズマ発光について観測した時間と発光強度[V]との関係を示す図である。

【図4】プラズマ発光についてスペクトラムアナライザで観測した周波数[MHz]と発光強度[mV]との関係を示す図である。

【図5】プラズマ発光の波長[nm]・周波数[kHz]と異物散乱光の波長・周波数分離を示す図である。

【図6】アキシコンによる非回折ビームの生成を示す図である。

【図7】光ファイバによる異物散乱光の受光を示す図である。

【図8】輪帯開口光学系による非回折ビームの生成を示す図である。

【図9】被処理基板上9点での異物散乱光強度の時間変化を示す図である。

【図10】プラズマ処理室に対する非回折ビームの高さ調整光学系の一実施例を示す図である。

【図11】本発明に係るプラズマ処理装置に設けられたプラズマ浮遊異物計測装置の第2の実施の形態を示す正面図である。

【図12】本発明に係るプラズマ処理装置に設けられたプラズマ浮遊異物計測装置の第3の実施の形態を示す正面図である。

【図13】図12の被処理対象物の上方から見た平面図である。

【図14】片軸のアキシコンによる非回折ビームの生成を示す図である。

【図15】本発明に係るプラズマ処理装置に設けられたプラズマ浮遊異物計測装置の第4の実施の形態を示す平面図である。

【図16】図15に示す散乱光検出光学系を側方から示す図である。

【図17】本発明に係るプラズマ処理装置に設けられたプラズマ浮遊異物計測装置の第5の実施の形態を示す正面図である。

【図18】図17の平面図である。

【図19】本発明に係るプラズマ浮遊異物計測装置を備えた複数種類のプラズマ処理装置によって半導体製造ラインのホトリソグラフィ工程を構成する一実施の形態を示す図である。

【図20】ウェハ枚数と異物個数の推移を示す図である。

【符号の説明】

1…プラズマ処理室、2…上部電極、3…下部電極、4…被処理基板（半導体ウェハ）、5…シグナルジェネレータ（高周波電源）、6…パワーアンプ、7…分配器、8…プラズマ、9、9c…浮遊異物、10P、10Q、

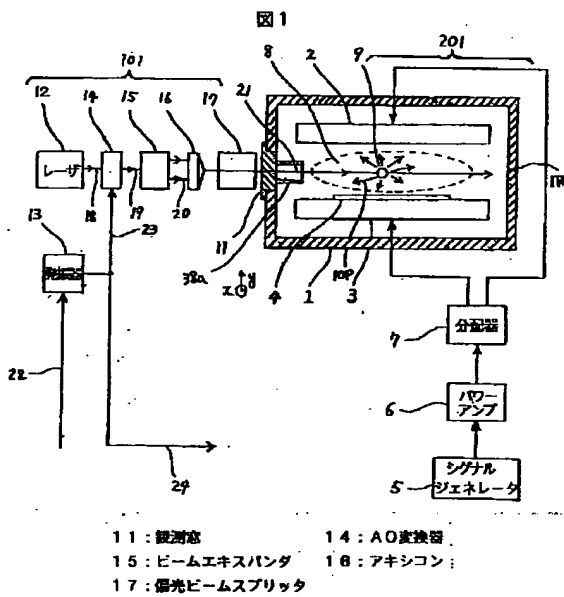
31

10R、47…異物散乱光、11…観測窓、12…レーザ光源、13…発振器、14…強度変調器(AO変調器)、16…アキシコン、17…偏光ビームスプリッタ、21…非回折ビーム、26…ガルバノミラー(走査光学系)、27、67…結像レンズ、28…光ファイバ、29…モノクロメータ、30…光電子像倍管、31…増幅器、32…同期検波回路、33…計算機、35…ディスプレイ、36…記憶装置、38a、38b…反応生成物付着防止手段、57、80…片軸アキシコン、66…干渉フィルタ、68…光路長補正プリズム、69

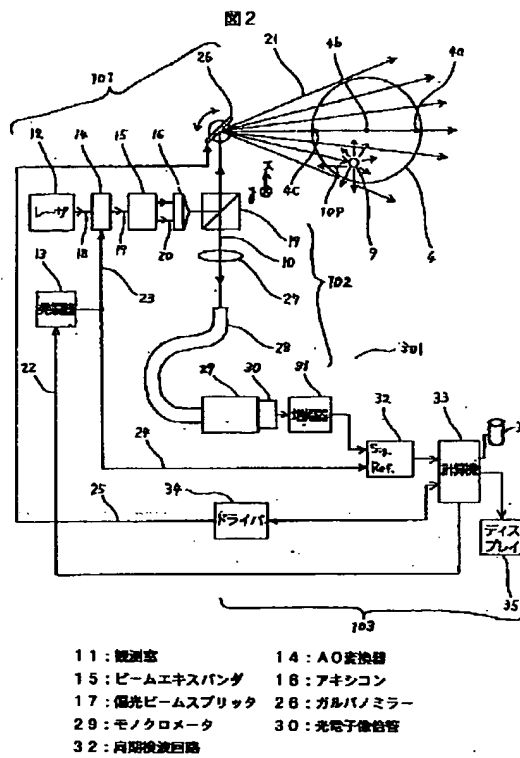
32

a、69b、69c…8チャンネル並列出力タイプホトダイオードアレイ、70a、70b、70c…8チャンネル増幅器ユニット、71a、71b、71c…8チャンネル同期検波ユニット、90…膜付け装置、91…レジスト塗布装置、92…露光装置、93…現像装置、94…エッチング装置、95…アッシング装置、96…洗浄装置、99…診断ユニット、101、105、108…レーザ照射光学系、102、106…散乱光検出光学系、103、107…信号処理・制御系、201…プラズマ処理装置、301…プラズマ浮遊異物計測装置。

【図1】

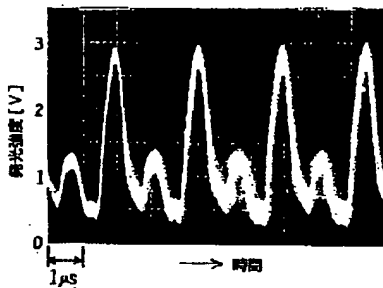


【図2】



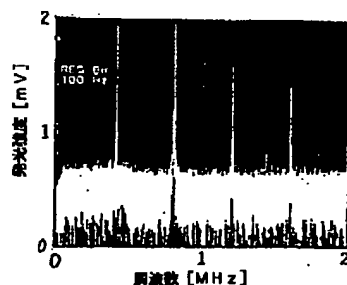
【図3】

図3



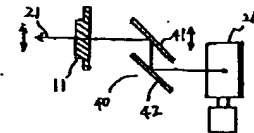
【図4】

図4

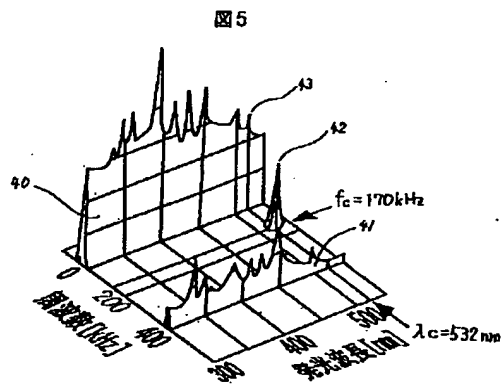


【図10】

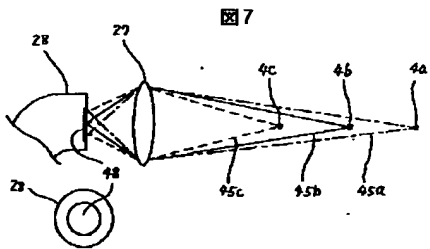
図10



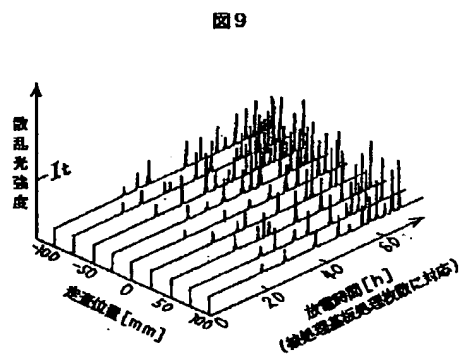
【図5】



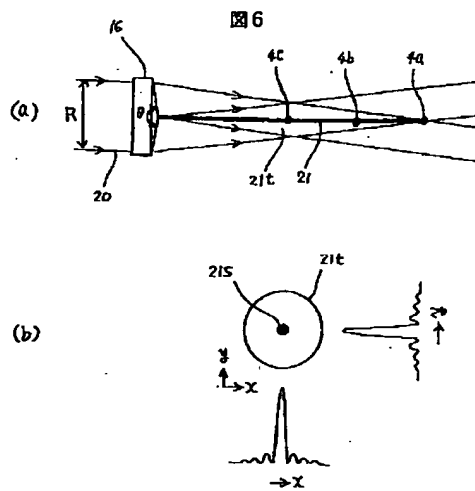
【図7】



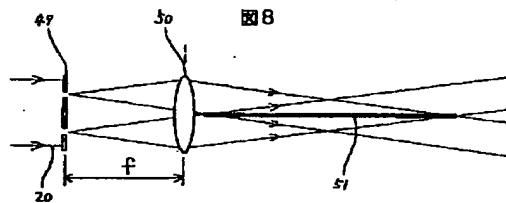
【図9】



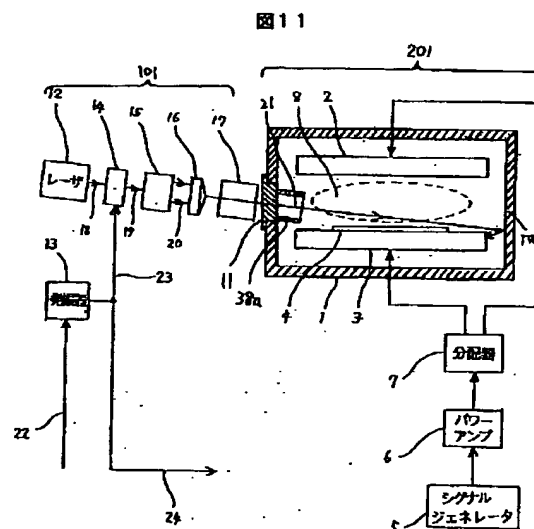
【図6】



【図8】



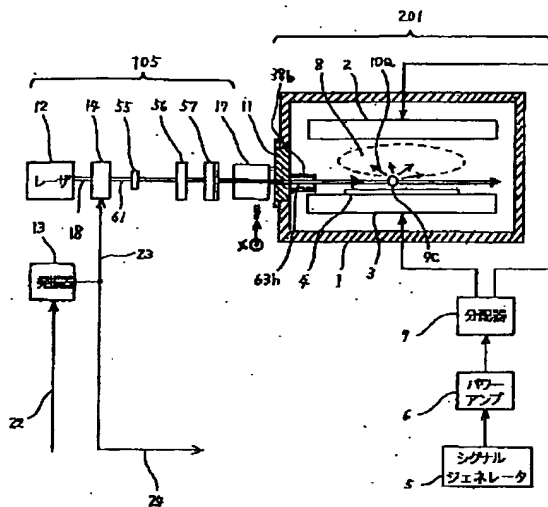
【図11】



- 11: 鏡面  
12: レーザ  
13: 偏光ビームスプリッタ  
14: AO変換器  
15: ビームエキスパンダ  
16: アキシコン  
17: 偏光ビームスプリッタ  
18: 光検出器  
19: 光検出器  
20: 光検出器  
21: 鏡面  
22: 鏡面  
23: 鏡面  
24: 鏡面  
25: 鏡面  
26: 鏡面  
27: 鏡面  
28: 鏡面  
29: 鏡面  
30: 鏡面  
31: 鏡面  
32: 鏡面  
33: 鏡面  
34: 鏡面  
35: 鏡面  
36: 鏡面  
37: 鏡面  
38: 鏡面  
39: 鏡面  
40: 鏡面  
41: 鏡面  
42: 鏡面  
43: 鏡面  
44: 鏡面  
45: 鏡面  
46: 鏡面  
47: 鏡面  
48: 鏡面  
49: 鏡面  
50: 鏡面  
51: 鏡面  
52: 鏡面  
53: 鏡面  
54: 鏡面  
55: 鏡面  
56: 鏡面  
57: 鏡面  
58: 鏡面  
59: 鏡面  
60: 鏡面  
61: 鏡面  
62: 鏡面  
63: 鏡面  
64: 鏡面  
65: 鏡面  
66: 鏡面  
67: 鏡面  
68: 鏡面  
69: 鏡面  
70: 鏡面  
71: 鏡面  
72: 鏡面  
73: 鏡面  
74: 鏡面  
75: 鏡面  
76: 鏡面  
77: 鏡面  
78: 鏡面  
79: 鏡面  
80: 鏡面  
81: 鏡面  
82: 鏡面  
83: 鏡面  
84: 鏡面  
85: 鏡面  
86: 鏡面  
87: 鏡面  
88: 鏡面  
89: 鏡面  
90: 鏡面  
91: 鏡面  
92: 鏡面  
93: 鏡面  
94: 鏡面  
95: 鏡面  
96: 鏡面  
97: 鏡面  
98: 鏡面  
99: 鏡面  
100: 鏡面

【図12】

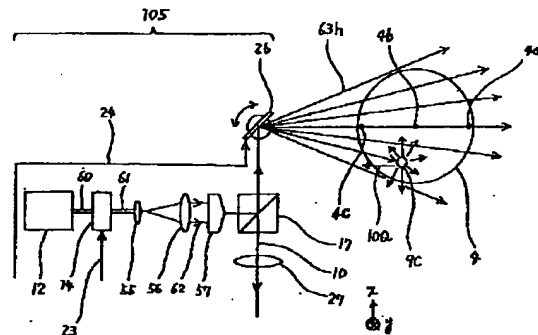
図12



- 11: 検測窓      14: AO変換器  
 15: ビームエキスパンダ      57: アキシコン  
 17: 偏光ビームスプリッタ      55, 56: シリンドリカルレンズ

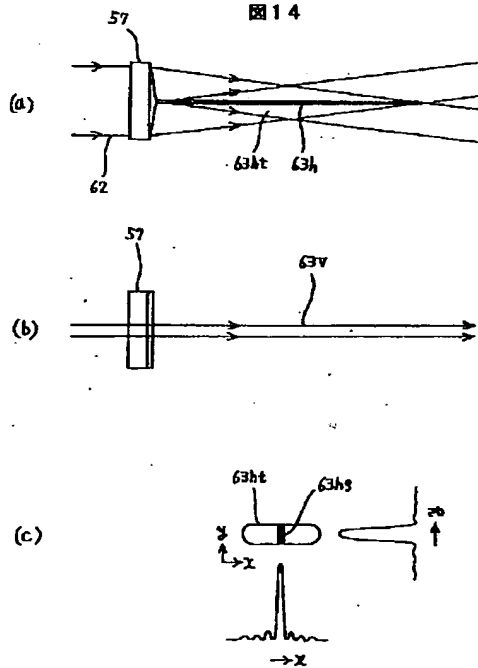
【図13】

図13



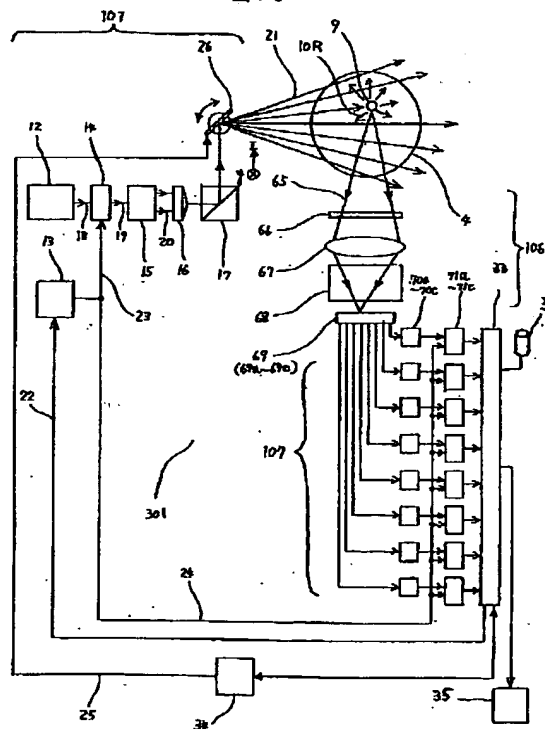
【図14】

図14



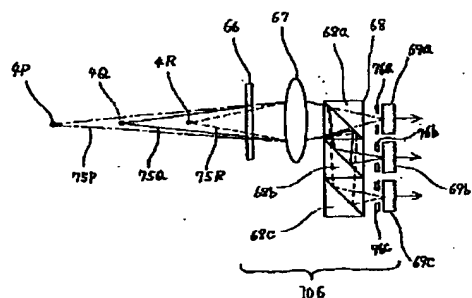
【図15】

図15



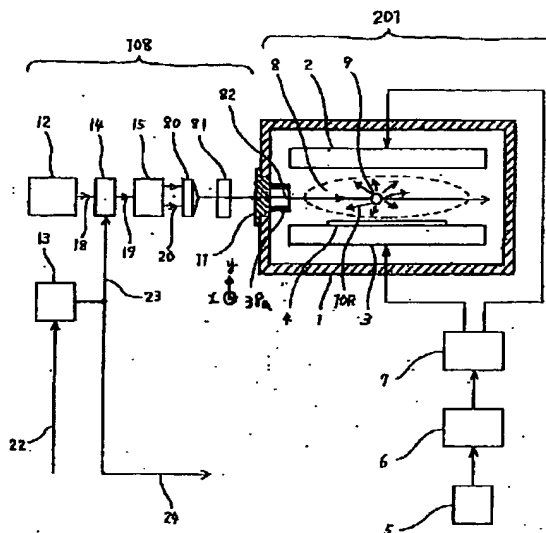
【図16】

图 16



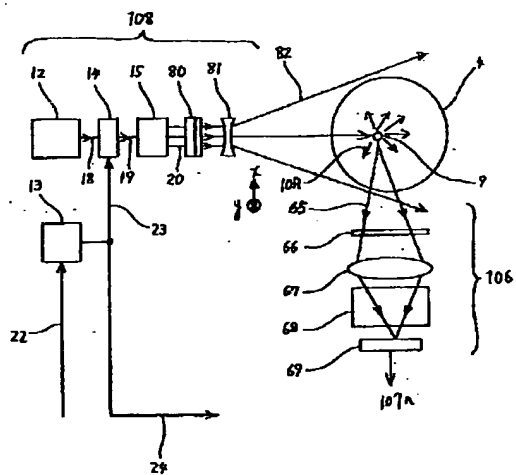
【图 17】

**圖 17**



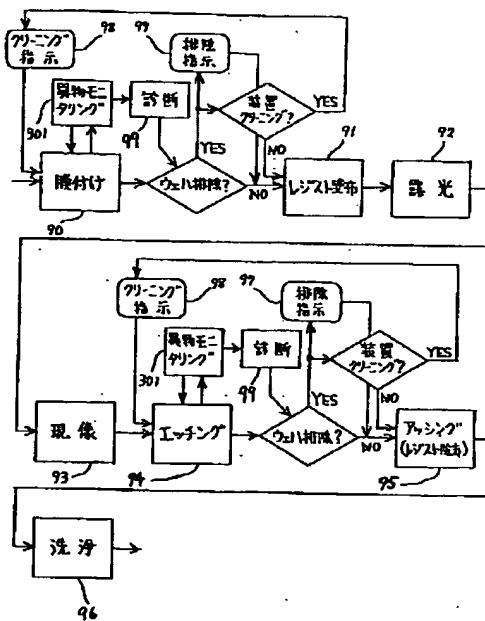
【例18】

**圖 18**



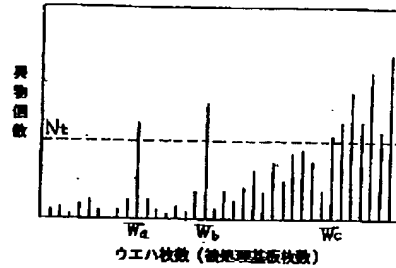
【例19】

19



【図20】

図20



【手続補正書】

【提出日】平成10年3月10日

【手続補正1】

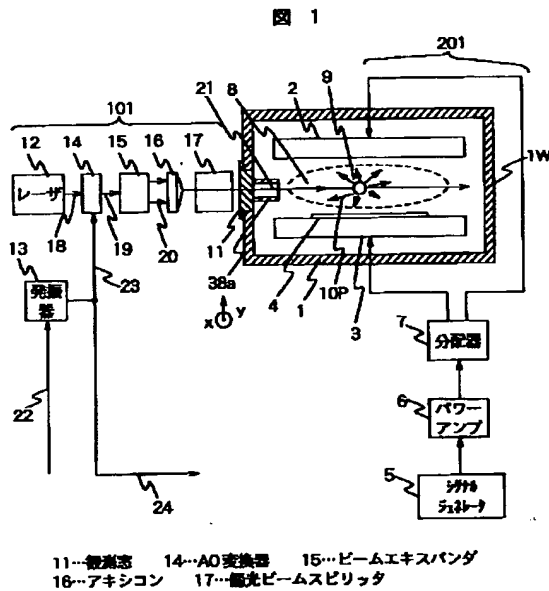
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】全図

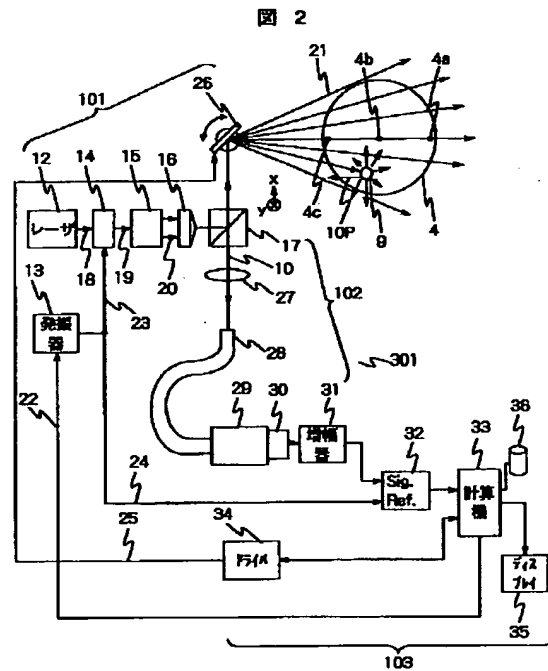
【補正方法】変更

【補正内容】

【図1】

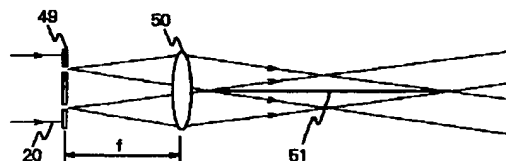


【図2】



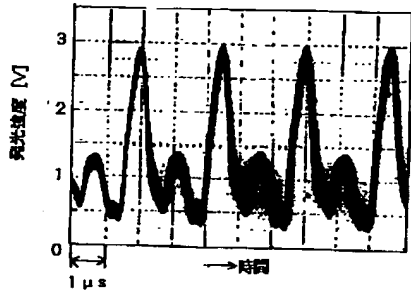
【図8】

図 8



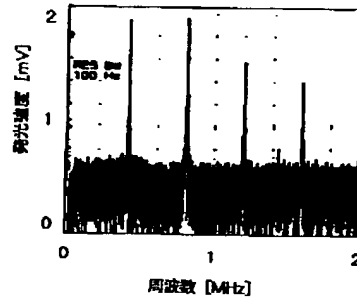
【図3】

図 3



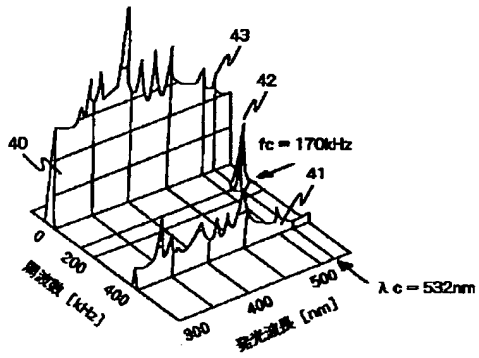
【図4】

図 4



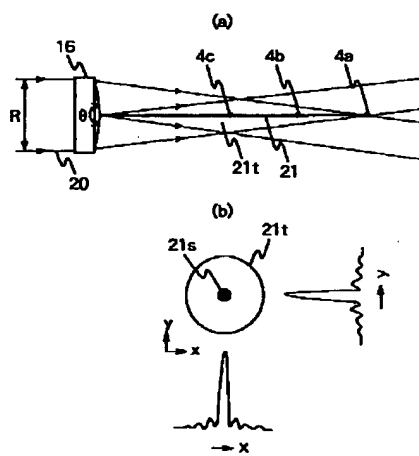
【図5】

図 5



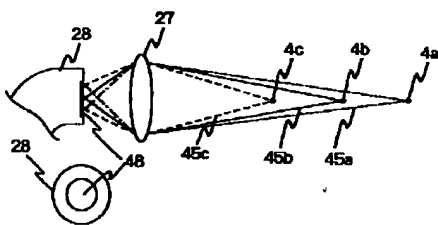
【図6】

図 6



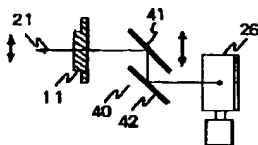
【図7】

図 7



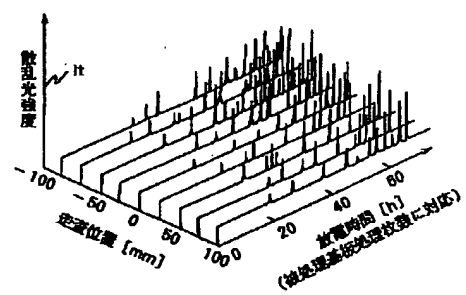
【図10】

図 10



【図9】

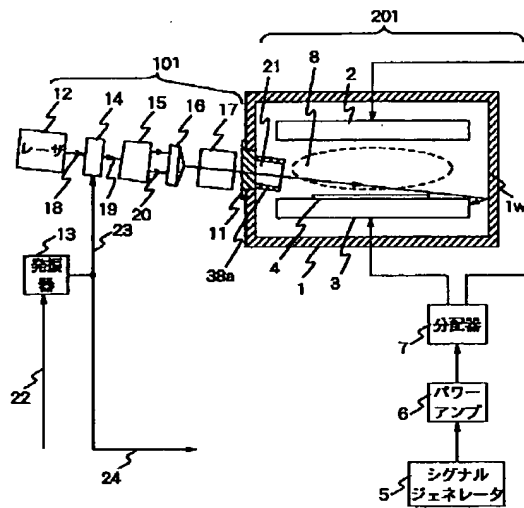
図 9





【図11】

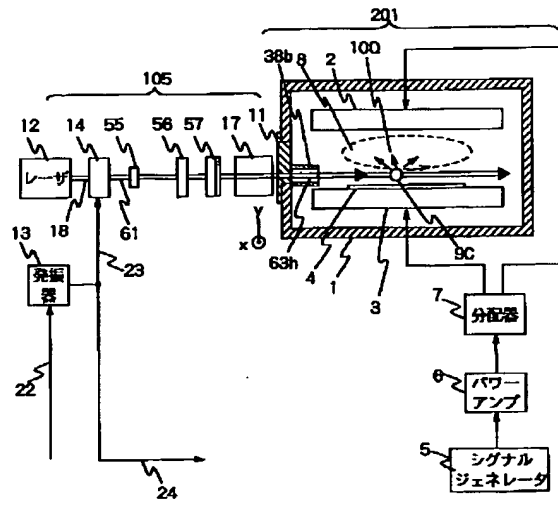
図 11



11…検測窓 14…AO変換器 15…ビームエキスパンダ  
16…アキシコン 17…偏光ビームスプリッタ

【図12】

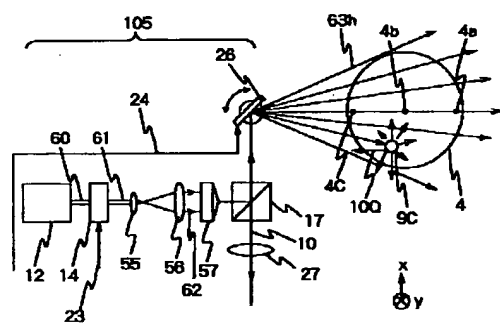
図 12



11…検測窓 14…AO変換器 15…ビームエキスパンダ  
17…偏光ビームスプリッタ 55, 56…シリンドリカルレンズ  
57…アキシコン

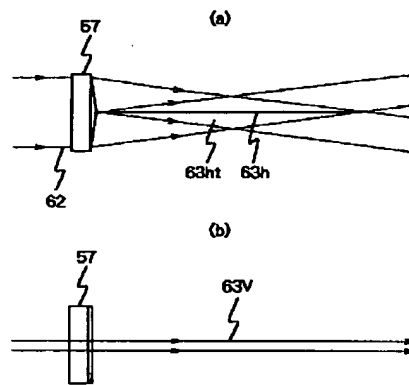
【図13】

図 13



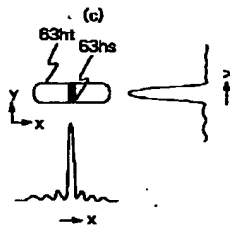
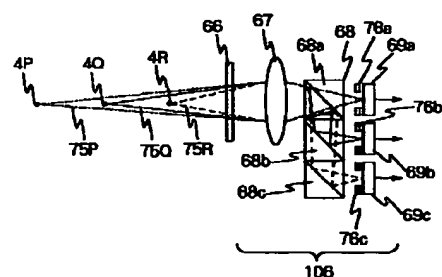
【図14】

図 14



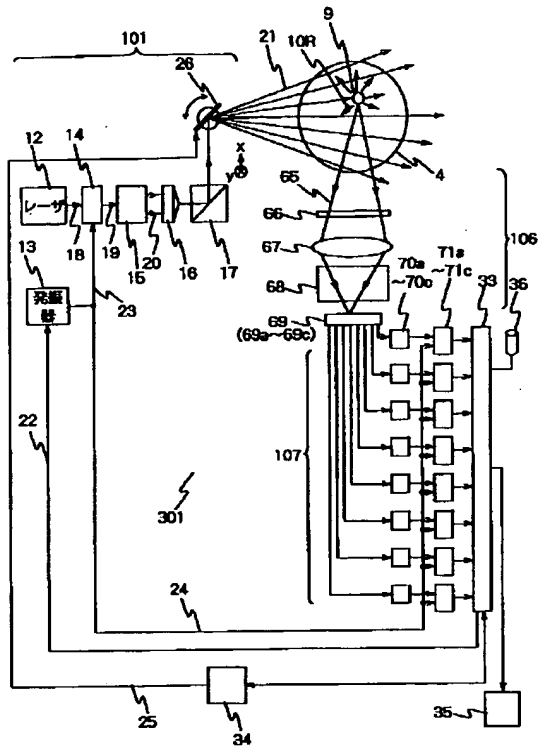
【図16】

図 16



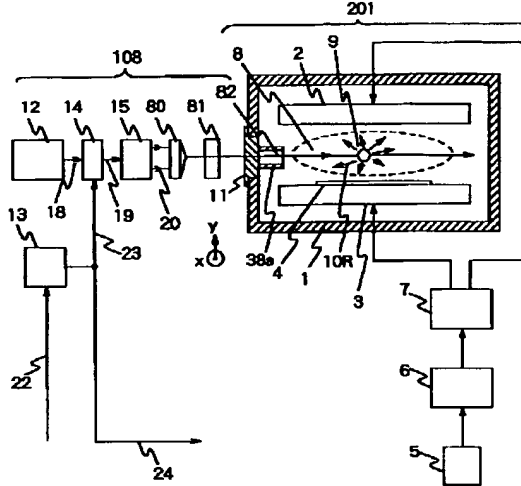
【図15】

図 15



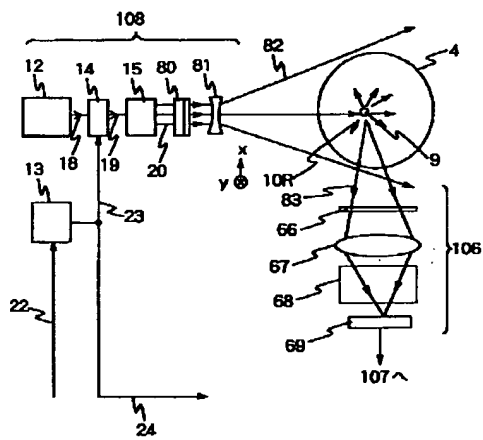
【図17】

図 17



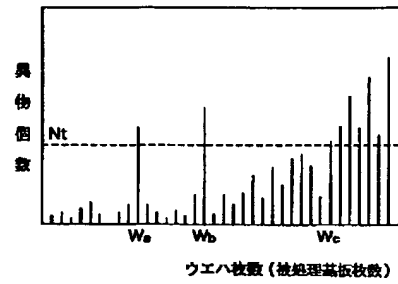
【図18】

図 18



【図20】

図 20




---

フロントページの続き

(72)発明者 中野 博之  
 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式  
 会社日立製作所生産技術研究所内